



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① Número de publicación: **2 310 154**

② Número de solicitud: 200801440

⑤ Int. Cl.:

G01J 3/36 (2006.01)

G01N 21/31 (2006.01)

⑫

SOLICITUD DE PATENTE

A1

② Fecha de presentación: **07.05.2008**

④ Fecha de publicación de la solicitud: **16.12.2008**

④ Fecha de publicación del folleto de la solicitud:
16.12.2008

⑦ Solicitante/s: **Universidad de Cantabria.
Pabellón de Gobierno
Avda. de los Castros, s/n
39005 Santander, Cantabria, ES**

⑦ Inventor/es: **Conde Portilla, Olga María;
Cobo García, Adolfo;
García Allende, Pilar Beatriz;
Mirapeix Serrano, Jesús María y
López Higuera, José Miguel**

⑦ Agente: **No consta**

⑤ Título: **Dispositivo y método para la obtención de imágenes multiespectrales optimizadas para la discriminación de materiales.**

⑤ Resumen:

Dispositivo y método para la obtención de imágenes multiespectrales optimizadas para la discriminación de materiales.

La invención describe un dispositivo para la iluminación selectiva en longitud de onda de motivos, así como un método que usa el citado dispositivo para obtener imágenes multiespectrales utilizando una cámara monocroma. Consiste en un conjunto de fuentes de luz que son encendidas individualmente y de forma secuencial por un sistema de control, mientras una cámara de visión artificial recoge una imagen a cada longitud de onda. Las longitudes de onda incluidas en el dispositivo se escogen previamente tras un estudio espectroscópico de los materiales a discriminar, teniendo estas longitudes de onda la característica de ser las más adecuadas para una tarea de discriminación de materiales concreta.

La aplicación fundamental de la invención se centra en la discriminación de materiales a través de la visión artificial de los mismos.

ES 2 310 154 A1

DESCRIPCIÓN

Dispositivo y método para la obtención de imágenes multiespectrales optimizadas para la discriminación de materiales.

Sector de la técnica

La invención se encuadra en el sector de la instrumentación para la visión artificial, más concretamente, en el de las fuentes de luz utilizadas para iluminar los motivos que son captados por las cámaras, y más concretamente, aquellos sistemas de visión artificial que recogen imágenes en múltiples bandas espectrales y en bandas espectrales no convencionales.

Estado de la técnica

La visión multiespectral (*spectral imaging*) es una forma de visión artificial en la que una o varias bandas de energía electromagnética son empleadas para generar una o varias imágenes de un mismo objeto. Esta imagen, proveniente de la interacción entre la energía electromagnética incidente y el objeto, se denomina imagen multiespectral y proporciona información de la composición química del material que compone el objeto que permite su identificación unívoca posibilitando el desarrollo de sistemas que permitan la discriminación automática de diferentes materiales.

La visión multiespectral puede conseguirse siguiendo diferentes alternativas que pueden agruparse en dos vías: escaneado del objeto en longitud de onda y/o en espacio, y la obtención de las imágenes espectrales simultáneamente o cuasi-simultáneamente.

Dentro de la opción de escaneado del objeto hay diferentes categorías: escaneado espectral, escaneado espacial, escaneado espectral-espacial y escaneado del espectro de la fuente de luz. El escaneado espectral emplea una pluralidad de filtros ópticos de banda estrecha ubicados entre el objeto y el detector de luz en instantes temporales diferentes obteniendo a cada instante la correspondiente imagen espectral. En el escaneado espacial se genera una pluralidad de imágenes espectrales para una línea sobre el objeto; otra dimensión de la imagen se debe escanear mecánicamente. El escaneado espectral-espacial emplea filtros interferenciales lineales y variables cuya banda óptica pasante cambia a lo largo de una de las dimensiones espaciales. Combinándolo con filtrado óptico temporal se puede conseguir el escaneado espectral-espacial. El escaneado del espectro de la fuente de luz se consigue variando selectivamente la longitud de onda que ilumina al objeto generando una imagen espectral para cada incidencia.

La adquisición simultánea de visión multiespectral sólo puede generar un número pequeño de imágenes espectrales y dentro de esta aproximación también existen varias alternativas: múltiples cámaras en paralelo, clonación de imágenes, óptica dispersiva, múltiples microfiltros y CCD no convencionales. La opción de múltiples cámaras emplea una pluralidad de cámaras cada una capturando una imagen a una longitud de onda diferente. La clonación de imágenes emplea óptica específica basada en prismas, espejos, partidores de haz, etc. para obtener copias de la imagen que posteriormente pueden filtrarse ópticamente antes de la detección. La óptica dispersiva emplea redes de difracción para formar varias imágenes espacialmente distorsionadas con bandas espectrales superpuestas sobre un detector. Los CCD color convencionales emplean una configuración de patrón de microfiltros en colores cyan-magenta-amarillo-verde (CMYG) o rojo-verde-azul (RGB) para aproximar el color del objeto de la imagen. Como las bandas espectrales de los microfiltros suelen ser amplias, la selectividad en longitud de onda de esta alternativa suele ser baja. Por último, la visión multiespectral basada en CCD no convencionales emplea un tipo de CCD cuyos píxeles se encuentran a diferentes profundidades en el sustrato del mismo. La ubicación en profundidad de cada pixel forma un filtro óptico paso de banda cuya banda espectral está relacionada con su profundidad.

Todas las soluciones anteriores se caracterizan por necesitar una óptica adicional que realice la función de separación o elección de las bandas espectrales. Además, las fuentes de luz necesarias para iluminar los objetos bajo análisis suelen ser fuentes de luz blanca, es decir, con emisión de luz en un gran rango espectral, por ejemplo, focos halógenos, mientras que los elementos ópticos mencionados se encargan de seleccionar las bandas espectrales requeridas. Como en última estancia es habitual que sólo algunas bandas espectrales sean analizadas, este tipo de fuentes de luz "blancas" de gran anchura espectral emiten más luz de la necesaria, con el consiguiente gasto energético inútil.

Bibliografía

[1] Patente US 4170987: "Medical diagnosis system and method with multispectral imaging".

[2] Patente WO/2007/056102: "System for multispectral imaging".

[3] Patente WO/2006/104785: "Combining multi-spectral light from spatially separated sources".

[4] Patente WO/2003/054839: "Apparatus for providing multi-spectral light for a projection display device".

[5] Patente US 5099317: "Video camera apparatus using a plurality of imaging devices".

[6] Patente US 7019777: "Multispectral imaging system with spatial resolution enhancement".

[7] Patente US 5790188: “Computer controlled, 3-CCD camera, airborne, variable interference filter imaging spectrometer system”.

[8] Patente US 4790654: “Spectral filter”.

[9] Patente WO/2008/024201: “Optically enhanced multi-spectral detector structure”.

Explicación de la invención

El problema técnico planteado es el de la discriminación de diferentes materiales (decidir si se trata de uno u otro de ellos) a partir de las imágenes captadas por una cámara de visión artificial.

Diferentes tipos de cámara ofrecen diferentes prestaciones para esta tarea, así, las cámaras en color, por recoger información en tres bandas espectrales (rojo, azul y verde), suelen proporcionar imágenes más adecuadas para las tareas de discriminación que las cámaras en blanco y negro o monocromas. Todavía mejores en este aspecto son las cámaras multispectrales, que producen imágenes en un número grande de banda espectrales. En cualquier caso, para la obtención de las imágenes, suele iluminarse la escena con una fuente de luz blanca (que emite un continuo de longitudes de onda en un rango espectral grande, por ejemplo, toda la zona visible al ojo humano, desde 400 nm hasta 700 nm). Es necesario por lo tanto que la cámara, u otro elemento externo, realicen mediante elementos ópticos apropiados la selección de las bandas espectrales concretas a registrar. Esto se consigue, por ejemplo en las cámaras de color, con tres filtros espectrales paso banda, que dejan pasar exclusivamente los colores rojo, azul y verde.

En esta invención, se propone actuar sobre la fuente de luz para conseguir obtener imágenes multispectrales con un número arbitrario de bandas espectrales, siendo la cámara que capta las imágenes una cámara monocroma convencional, y por lo tanto sin necesidad de elementos ópticos adicionales. Esto se consigue porque la iluminación de la escena se realiza con el dispositivo objeto de esta invención, que incorpora una serie de fuentes de luz de pequeña anchura espectral, tales como diodos electroluminiscentes (LED) o diodos láser, que son encendidas de forma individual y secuencialmente para iluminar el objeto bajo análisis a diferentes longitudes de onda. Estas fuentes de luz están situadas sobre una superficie, típicamente plana, colocadas de tal forma que emiten su haz de radiación óptica sobre la escena a iluminar. Un sistema de control, típicamente implementado con un ordenador, se encarga de encender cada una de las fuentes de luz, a la vez que da órdenes a una cámara de visión para capturar una imagen de la escena. El conjunto de imágenes captadas a la totalidad de longitudes de onda disponibles forman una única imagen multispectral. Un proceso posterior, implementado típicamente en un ordenador, analiza esta imagen multispectral para tratar de identificar los diferentes materiales presentes en la escena. Un ejemplo de algoritmo de discriminación es el *Spectral Angle Mapping (SAM)*.

La principal novedad de la invención es la selección de longitudes de onda disponibles en el dispositivo de iluminación. Éstas longitudes de onda son obtenidas previamente tras un estudio espectroscópico de los materiales que se quieren clasificar. De este estudio, que puede basarse en algoritmos como *Sequential Floating Forward Selection (SFFS)* o similares, se extraen una serie de longitudes de onda que tienen la característica particular de ser las más adecuadas para una tarea concreta de discriminación de materiales. Cada implementación de la invención (el número de longitudes de onda necesarias y sus valores concretos de longitud de onda) es por tanto específica para una tarea de discriminación concreta.

Se plantea también la posibilidad de que para cada una de las longitudes de onda, el número de fuentes de luz disponibles sea superior a uno. Esto permitirá obtener un área emisora de luz más grande (para iluminar escenas más voluminosas), una mayor radiación óptica (que puede aumentar la cantidad de luz recogida por la cámara y por tanto la calidad de las imágenes) o una iluminación más uniforme, que facilita la tarea de discriminación posterior.

En otra variación de la invención, se plantea la posibilidad de añadir un elemento óptico difusor, trabajando en configuración transmisiva, pero sin excluir una configuración reflectiva, cuyo cometido es en cualquier caso producir un patrón de iluminación más uniforme sin modificar el número o configuración de las fuentes de luz.

En otra variación de la invención, se plantea el situar las fuentes de luz sobre una superficie no plana, pretendiendo emitir la luz en diferentes direcciones espaciales, para de esta forma reducir la ocurrencia de sombras en la iluminación que puedan dejar zonas de la escena con una iluminación insuficiente, y por tanto, puedan dificultar la tarea de discriminación posterior. Se plantea situar las fuentes de luz sobre una superficie curva (esférica o parabólica, sin descartar otras posibles formas), así como la distribución de las fuentes de luz sobre diferentes superficies planas independientes que formen ángulos entre ellas diferentes de cero grados.

Descripción de los dibujos

Figura 1: Muestra un esquema del dispositivo de iluminación (1), que comprende un conjunto de fuentes de luz de anchura espectral pequeña y diferentes longitudes de onda de emisión (2); el dispositivo está conectado con un cable (3) a un sistema de control (4) que decide el encendido y apagado de las fuentes. Adicionalmente, el sistema de control (4) controla la adquisición de imágenes de una cámara (5), que apunta a los materiales (6) que se quieren discriminar. El método propuesto implementado en el sistema de control ilumina secuencialmente con cada longitud

ES 2 310 154 A1

de onda disponible, a la vez que captura una imagen de la misma escena para cada longitud de onda, formando en conjunto una imagen multiespectral con ayuda del dispositivo de iluminación (1).

Un modo de realización de la invención

5

Una posible realización de la invención es como sigue: Sobre una placa de circuito impreso se distribuyen un conjunto de seis fuentes de luz tipo LED, situadas lo más próximas posibles entre sí, y emitiendo a las longitudes de onda siguientes:

10 $\lambda_1=407,5$ nm, $\lambda_2=430$ nm, $\lambda_3=466,56$ nm, $\lambda_4=577,19$ nm, $\lambda_5=599,69$ nm, $\lambda_6=674,69$ nm.

15 Estas longitudes de onda han sido seleccionadas mediante un algoritmo *Sequential Floating Forward Selection* (SFFS) como aquellas que permiten discriminar mejor entre hojas de tabaco secas, y materiales extraños tales como papel, cartón, cuerda, láminas de plástico y cuero. Esta implementación de la invención es por tanto de utilidad en la industria de procesado de tabaco, para detectar automáticamente la presentación de cuerpos extraños no deseados entre las hojas de tabaco que entran al proceso productivo.

20 La placa de circuito impreso sobre las que se colocan las fuentes de luz comprende también un microcontrolador, que controla la inyección de corriente en las fuentes de luz, y por tanto su encendido, y que incorpora también una conexión USB, conectada a un ordenador de control. El microcontrolador está adecuadamente programado para recibir ordenes de encendido y apagado de las fuentes de luz desde el ordenador de control.

25 El sistema de control utiliza este dispositivo de iluminación para iluminar una cinta transportadora que transporta hojas de tabaco secas y picadas, secuencialmente a las seis longitudes de onda disponibles. Durante cada iluminación, una cámara de video con detector CCD de Silicio toma una imagen de la cinta transportadora, componiéndose una imagen multiespectral a seis longitudes de onda diferentes. En análisis de la imagen multiespectral permitiría detectar fácilmente la presencia de los materiales extraños mencionados si estos estuviesen mezclados con el tabaco.

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

5 1. Dispositivo para la obtención de imágenes multiespectrales, formado por un conjunto de múltiples fuentes de luz, espectralmente estrechas, tales como diodos electroluminiscentes (LED) o diodos láser, que pueden encenderse y apagarse a voluntad mediante un sistema de control externo, y que son utilizadas para iluminar los materiales cuya imagen multiespectral se desea obtener, y que se **caracteriza** porque las longitudes de onda de emisión de cada una de las fuentes de luz han sido escogidas previamente mediante un algoritmo de selección de longitudes de onda, por ejemplo *Sequential Forward Floating Selection* (SFFS), que es capaz de obtener las longitudes de onda óptimas para una tarea concreta de discriminación de materiales, es decir, aquellas longitudes de onda que permiten discriminar con más exactitud entre los diferentes materiales de la escena iluminada por el dispositivo.

15 2. Dispositivo para la obtención de imágenes multiespectrales, que de acuerdo con la reivindicación 1, se **caracteriza** porque el número de fuentes de luz para cada longitud de onda puede ser mayor que uno, si las necesidades de potencia óptica o del tamaño del área a iluminar lo exigen.

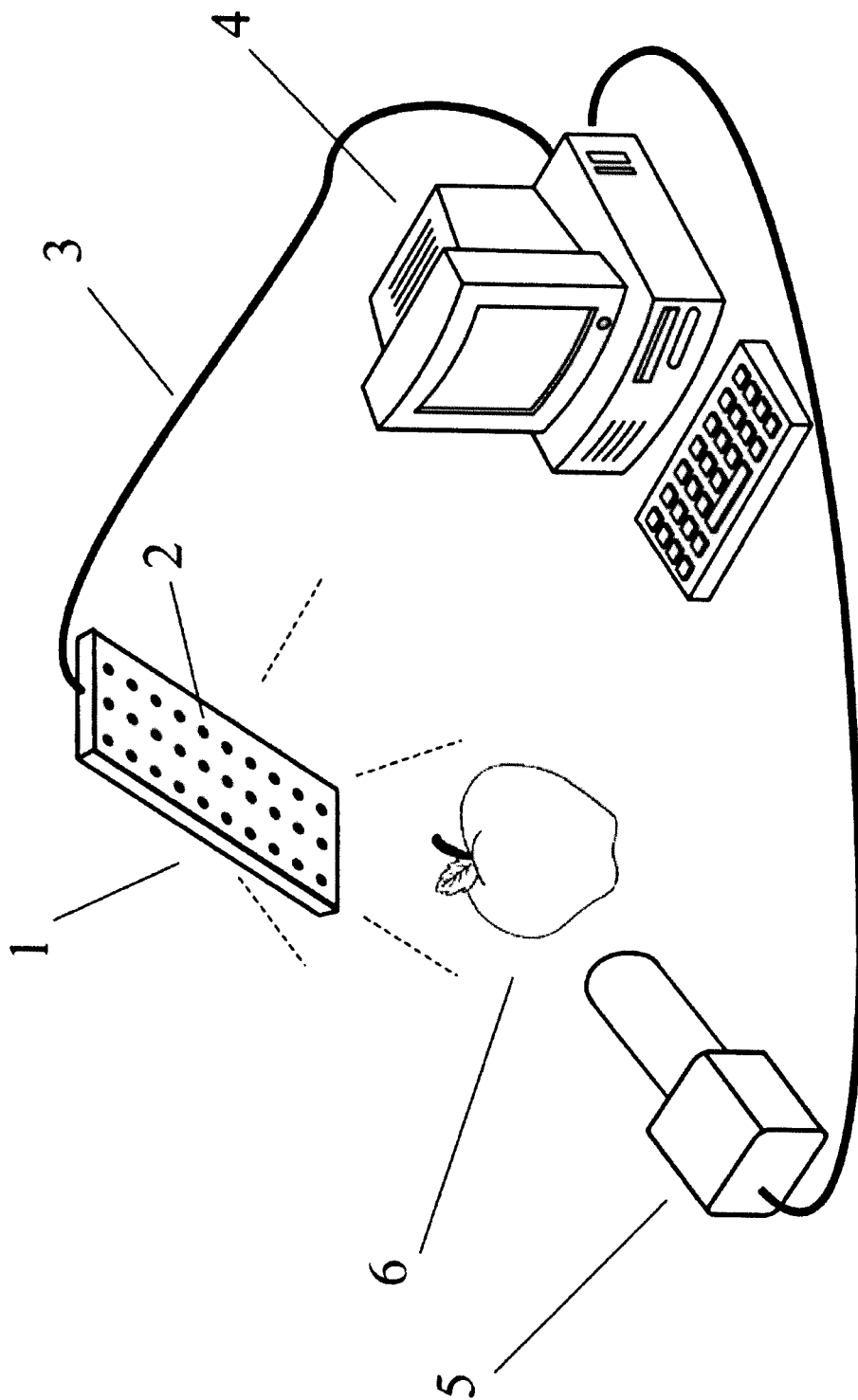
20 3. Dispositivo para la obtención de imágenes multiespectrales, que de acuerdo con la reivindicación 1, comprende un material difusor, preferentemente en forma de lámina, trabajando en configuración transmisiva pero sin descartar un difusor reflectivo, situado entre las fuentes de luz y los materiales a iluminar con la intención de homogeneizar la distribución espacial de la radiación luminosa y así producir una iluminación más uniforme.

25 4. Dispositivo para la obtención de imágenes multiespectrales, que de acuerdo con la reivindicación 1, se **caracteriza** por una distribución espacial de las fuentes de luz sobre una superficie no plana, tal como esférica, parabólica, o formada por múltiples segmentos planos a diferentes ángulos, de forma que los materiales a discriminar son iluminados desde diferentes ángulos y así se disminuye la ocurrencia de sombras no deseadas.

30 5. Dispositivo para la obtención de imágenes multiespectrales, que de acuerdo con la reivindicación 1, se **caracteriza** porque el sistema de control puede no sólo apagar y encender las diferentes fuentes de luz sino también controlar la potencia óptica de cada una entre cero y un valor máximo admitido por cada fuente de luz.

35 6. Método de obtención de imágenes multiespectrales optimizadas para la discriminación de materiales que de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 5, se **caracteriza** porque el sistema de control realiza el encendido secuencial de las fuentes de luz, una longitud de onda cada vez, y da instrucciones a la cámara de visión para capturar una imagen de los materiales iluminados con cada longitud de onda, de forma que se obtienen múltiples imágenes de la misma escena, cada una a una longitud de onda diferente, formando una imagen multiespectral conjunta, con la característica de que las longitudes de onda disponibles en la imagen son aquellas que han sido previamente identificadas como aquellas más adecuadas para llevar a cabo la tarea posterior de discriminar, a partir de la imagen multiespectral, los diferentes materiales presentes en la escena que se desea discriminar.

Figura 1.





OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① ES 2 310 154

② Nº de solicitud: 200801440

③ Fecha de presentación de la solicitud: **07.05.2008**

④ Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤ Int. Cl.: **G01J 3/36** (2006.01)
G01N 21/31 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	US 4558786 A (LANE et al.) 17.12.1985, columna 1, líneas 53-61; columna 2, líneas 17-31; columna 2, línea 47 - columna 3, línea 35; figuras 1,5.	1-6
X	EP 0375881 A1 (LAMB WESTON INC) 04.07.1990, página 3, líneas 1-30; página 6, líneas 47-58; figura 7A.	1-6
X	US 5239180 A (CLARKE et al.) 24.08.1993, columna 2, líneas 5-20; columna 3, líneas 10-68; reivindicación 1; figuras 1-2.	1-5
A	WO 9840708 A1 (VARIAN AUSTRALIA; ALLEN BRIAN LAWRENCE; HAMMER MICHAEL RON) 17.09.1998, página 4, líneas 6-20; figuras.	4
A	EP 1914529 A1 (FIAT RICERCHE) 23.04.2008, reivindicaciones; figuras 1,4.	1-6

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
27.11.2008

Examinador
E. Pina Martínez

Página
1/1